

# ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО РАСПАДА ПЕРЕОХЛАЖДЕННОГО АУСТЕНИТА СТАЛИ 45Х5МФ В ОБЛАСТИ ПЕРЛИТНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ

*Ануфриев Н.П., Майсурадзе М.В., Рыжков М.А., Юдин Ю.В.*

*Руководитель – д.т.н., проф. Юдин Ю.В.*

ФГАОУ ВПО УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина

Дилатометрическим методом изучена кинетика изотермического распада переохлажденного аустенита стали 45Х5МФ при температурах 640...750 °С после аустенитизации при 910 °С в течение 15 минут.

Отмечено, что при проведении изотермической выдержки при температуре 750 °С для двух идентичных образцов из стали 45Х5МФ получена принципиально разная кинетика перлитного превращения (рисунок 1). Если в течение 1 часа количество продуктов изотермического распада переохлажденного аустенита стали 45Х5МФ в первом случае составило порядка 30 %, то во втором случае количество образовавшегося перлита равно 13 %. После двух часов выдержки количество перлита составило 90 и 52 % соответственно. Только после 3,5 часов изотермической выдержки полнота перлитного превращения для образца №2 достигла 96 %, в то время, как для образца №1 перлитное превращение полностью завершилось после 2,5 часов изотермической выдержки. Полученные результаты свидетельствуют о том, что кинетика изотермического распада переохлажденного аустенита носит вероятностный характер и зависит не только от марки стали и режима ее термообработки, но также от локального распределения легирующих элементов в объеме металла, количества и характера распределения неметаллических включений.

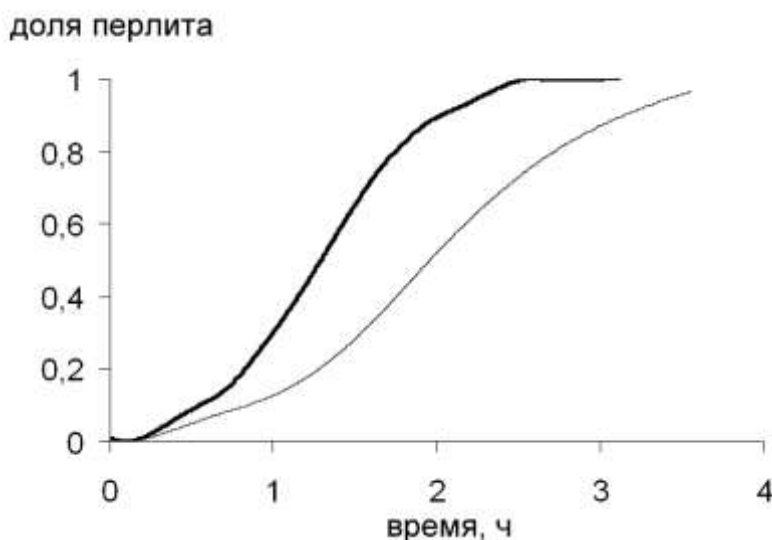


Рисунок 1 Кинетика перлитного превращения в стали 45Х5МФ при изотермической выдержке при температуре 750 °С, 2 эксперимента

Определение кинетики образования перлита позволило рассчитать температурно-зависимые параметры уравнения Колмогорова-Джонсона-Мэйла-Аврами  $n$  и  $k$  при температурах изотермической выдержки 640...750 °С, построены графики в координатах « $\ln(-\ln(1-p)) - \ln \tau$ » (рисунок 2). При проведении изотермических опытов на примере валковой стали 45Х5МФ установлено, что зависимость объемной доли перлита от времени превращения в двойных логарифмических координатах нелинейная, а показатель степени  $n$  является не только функцией температуры выдержки, но и времени.

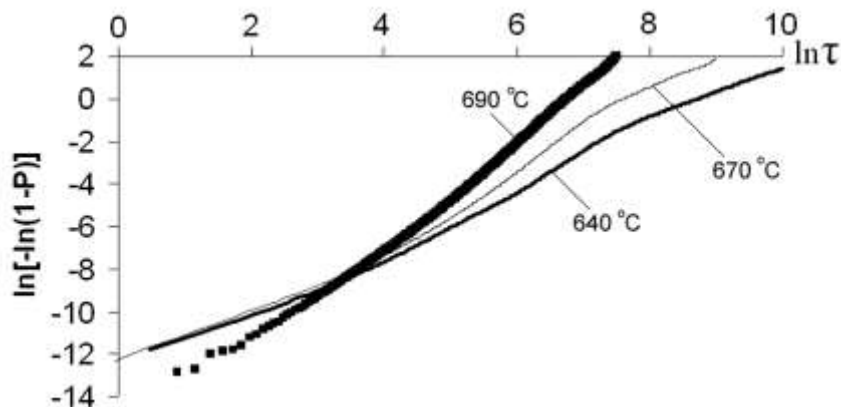


Рисунок 2 Кинетика изотермического образования перлита в стали 45Х5МФ в координатах  $\ln[-\ln(1-P)] - \ln \tau$  при температуре 640, 670, 690 °С

Во процессе проведения изотермической выдержки при температуре 640 °С начения параметра  $n$  изменялись от 1,1 до 2,1; при 670 °С – от 1,1 до 2,4; при 690 °С – от 1,8 до 2,9 (рисунок 3). Повышение средних значений параметра  $n$  при увеличении температур изотермической выдержки от 640 до 690 °С связано с приближением к области минимальной устойчивости переохлажденного аустенита стали 45Х5МФ. При температуре 690 °С наблюдалась минимальная устойчивость переохлажденного аустенита к превращению по I ступени, скорость образования перлита при данных условиях была максимальной. Во время проведения изотермической выдержки при температуре 750 °С в числовые значения параметра  $n$  изменялись от 1,05 до 1,7 для образца №1, и от 1,0 до 2,1 во втором случае.

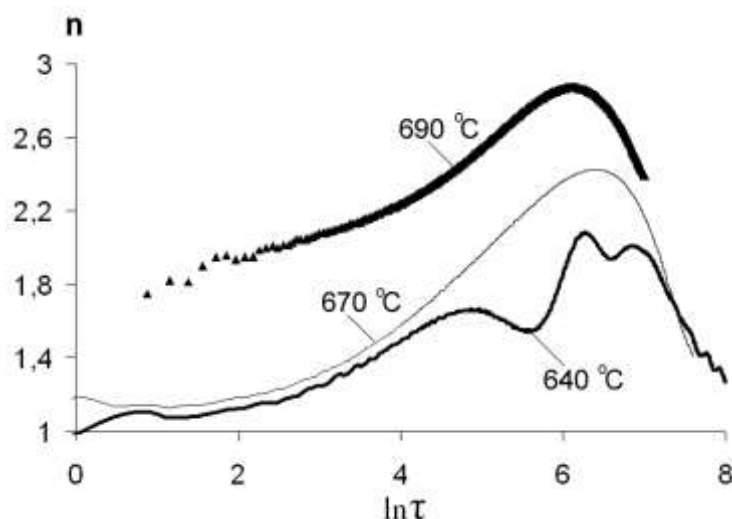


Рисунок 3 Зависимость параметра  $n$  от времени изотермической выдержки при температурах: 640... 690 °C

В результате проведенных исследований дилатометрическим методом построена экспериментальная изотермическая диаграмма распада переохлажденного аустенита стали 45Х5МФ в перлитной области (рисунок 4). Условные линии начала и конца образования перлита соответствуют 1 и 99 % фазы.

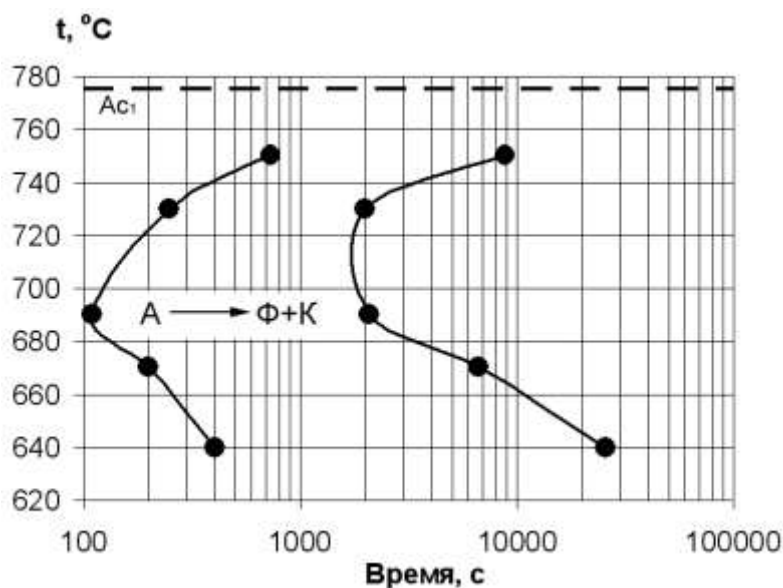


Рисунок 4 Экспериментальная изотермическая диаграмма распада переохлажденного аустенита стали 45Х5МФ в перлитной области ( $t_{\gamma} = 910$  °C,  $\tau_{\gamma} = 15$  мин)

Полученные экспериментальные данные являются основой для расчета распределения структурных составляющих при непрерывном охлаждении изделий любого сечения из стали 45Х5МФ для широкого спектра граничных условий.